

УДК 621.132.2(0.88.8)

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ЭВМ

Канд. техн. наук, доц. РОМАНОВ В. В.

Белорусский национальный технический университет

На заключительном этапе проектирования электрических машин производится расчет их характеристик [1]. Применение для этой цели ЭВМ позволяет снизить затраты времени, получить более точные результаты, а также легко оценивать влияние различных параметров на характеристики машин.

Алгоритм расчета рабочих, U -образных и угловой характеристик синхронного двигателя можно легко получить, воспользовавшись векторной диаграммой явнополюсного синхронного двигателя (рис. 1). Спроектировав векторы диаграммы на вертикальную и горизонтальную оси, получим:

$$U \cos \theta + X_d I_d - R_a I \cos \psi = E;$$

$$U \sin \theta - X_q I_q - R_a I \sin \psi = 0.$$

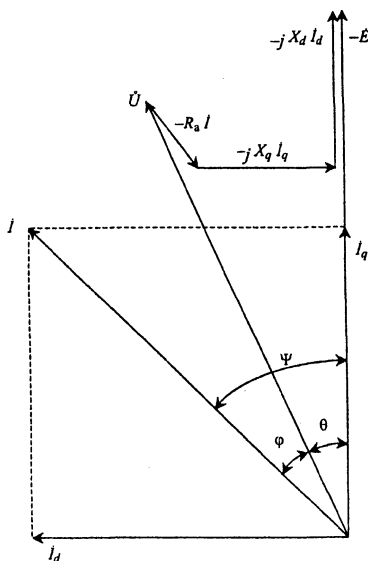


Рис. 1

Учитывая, что $I_d = I \sin \psi$ и $I_q = I \cos \psi$, найдем:

$$I_d = \frac{X_q(E - U \cos \theta) + R_a U \sin \theta}{X_d X_q + R_a^2}; \quad (1)$$

$$I_q = \frac{X_d U \sin \theta - R_a(E - U \cos \theta)}{X_d X_q + R_a^2}, \quad (2)$$

где E – ЭДС, индуцируемая обмоткой возбуждения; U – фазное напряжение сети; I – ток обмотки якоря; I_d и I_q – продольная и поперечная составляющие тока обмотки якоря; X_d и X_q – продольное и поперечное синхронные индуктивные сопротивления; R_a – активное сопротивление обмотки якоря; ψ – угол между векторами ЭДС и тока обмотки якоря; θ – угол между векторами ЭДС и напряжения (угол нагрузки).

ЭДС $E = E_0$ можно определить из насыщенной спрямленной характеристики холостого хода [2] (рис. 2). Для перехода к относительным единицам за базовые значения принимаются номинальное напряжение $U_{\text{ном}}$ и ток возбуждения $I_{\text{вб}}$, соответствующий номинальному напряжению. Базовый ток возбуждения можно найти следующим образом:

$$I_{\text{вб}} = \frac{F_{\text{вб}}}{W_c} = \frac{I_{\text{в.ном}}}{E_0}, \quad (3)$$

где $F_{\text{вб}}$ – базовое значение МДС обмотки возбуждения, известное из расчета магнитной цепи [1], А; W_c – количество витков обмотки возбуждения; $I_{\text{в.ном}}$ – номинальный ток возбуждения, А; E_0 – относительное значение ЭДС, соответствующее номинальному току возбуждения.

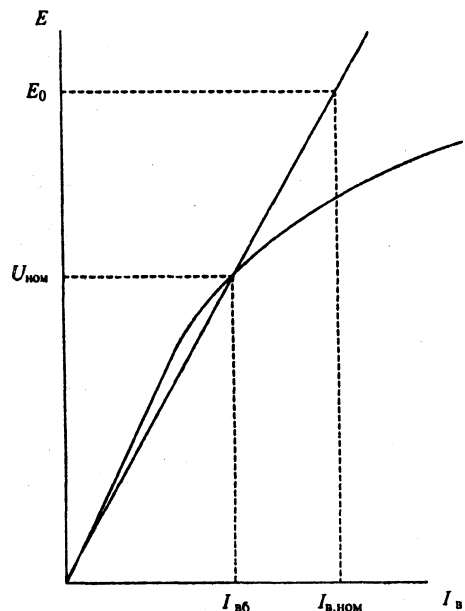


Рис. 2

Учитывая изложенное выше, рабочие характеристики можно рассчитать следующим образом:

1. Задаемся значением угла θ .
2. Согласно (1) и (2) определяем I_d и I_q .
3. Ток обмотки якоря

$$I = \sqrt{I_d^2 + I_q^2}.$$

4. Коэффициент мощности

$$\cos \varphi = \cos \left[\arctg \left(\frac{I_d}{I_q} \right) - \theta \right].$$

5. Потребляемая активная мощность

$$P_1 = \sqrt{3} U_n I \cos \varphi,$$

где U_n – линейное напряжение сети.

6. Потери

$$\Delta P = P_0 + 3I^2 R_a + 0,005 \left(\frac{I}{I_{\text{ном}}} \right)^2 P_1,$$

где $P_0 = P_{\text{ст}} + P_{\text{мех}} + P_{\text{в}}$ – сумма потерь в стали, механических и на возбуждение; $I_{\text{ном}}$ – номинальный ток обмотки якоря.

7. Полезная мощность

$$P_2 = P_1 - \Delta P.$$

8. Коэффициент полезного действия

$$\eta = 1 - \frac{\Delta P}{P_1}.$$

9. Электромагнитный момент

$$M = 9550 \frac{P_2}{n_{\text{ном}}},$$

где $n_{\text{ном}}$ – номинальная частота вращения, об/мин.

U -образные характеристики синхронной $I = f(I_a)$ при $P_1 = \text{const}$ можно рассчитать на основании выражения угловой характеристики активной мощности [2], из которого можно определить ЭДС (в относительных единицах):

$$E_0 = \frac{\frac{P_1}{U_n^2} (R_a^2 + X_d X_q) - (X_d - X_q) \sin \theta \cos \theta - R_a}{X_q \sin \theta - R_a \cos \theta}. \quad (4)$$

Алгоритм расчета U -образных характеристик будет следующим:

1. Задаемся значением активной мощности P_1 .
2. Задаемся рядом значений θ .
3. Для каждого значения θ по (4) вычисляется E_0 .
4. Для каждого E_0 по (1) и (2) вычисляются токи I_d и I_q .
5. Ток обмотки якоря

$$I = \sqrt{I_d^2 + I_q^2}$$

6. Ток возбуждения

$$I_b = E_0 J_{вб}$$

Угловая характеристика $M = f(\theta)$ может быть рассчитана по выражению угловой характеристики [1] либо по приведенному выше алгоритму расчета рабочих характеристик.

Блок-схема программы расчета на ЭВМ рабочих, U -образных и угловой характеристик составлена на основании приведенных выше алгоритмов (рис. 3).

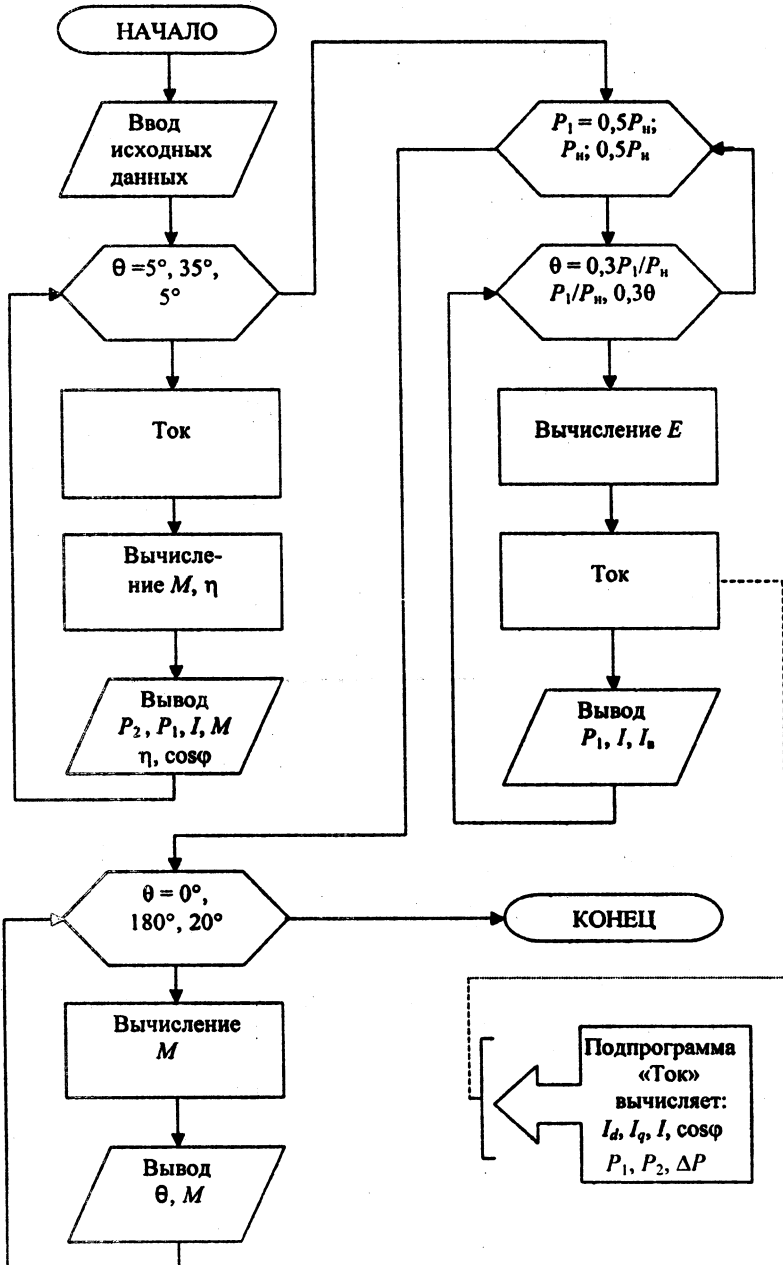


Рис. 3

В качестве примера на рис. 4 и 5 приведены рабочие и U -образные характеристики, рассчитанные по разработанной методике для синхронного двигателя с номинальными данными: $P_{\text{ном}} = 500$ кВт; $U_{\text{ном}} = 6$ кВ; $n_{\text{ном}} = 500$ об/мин. Эти характеристики практически не отличаются от характеристик, приведенных в [1].

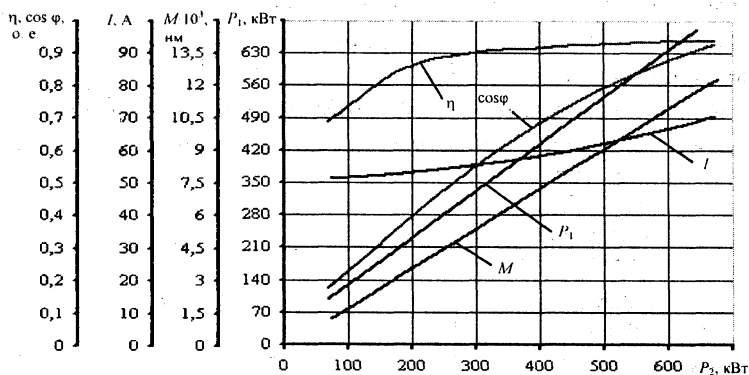


Рис. 4

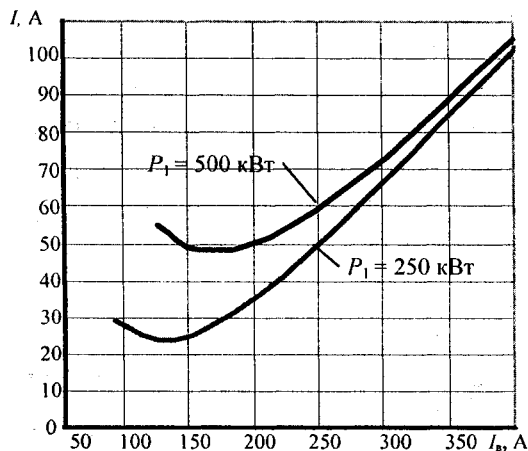


Рис. 5. U -образные характеристики

ВЫВОДЫ

1. Разработана простая методика расчета на ЭВМ характеристик синхронного двигателя, основанная на использовании векторной диаграммы.
2. Характеристики синхронного двигателя, рассчитанные по разработанной методике, практически не отличаются от характеристик, рассчитанных по методике, приведенной в литературе по проектированию электрических машин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование электрических машин / Под ред. И. П. Копылова. – М., 1980. – 496 с.
2. Вольдек А. И. Электрические машины. – Л., 1978. – 838 с.

Представлена кафедрой
электроснабжения

Поступила 16.06.2003